

REUTERSche Blöcke — außeralpine Fremdgesteine unterschiedlicher Herkunft in jungtertiären und quartären Sedimenten Südbayerns

VON HORST GALL & DIETER MÜLLER¹⁾

Zusammenfassung

Die REUTERSchen Blöcke im Alpenvorland — Fremdgesteine vorwiegend aus Kalken des oberen Weißjura in fränkisch-schwäbischer Fazies — sind auf Grund ihrer Lagerung, Gesteinsausbildung und Beanspruchung ganz verschiedener Herkunft.

Innerhalb der jungtertiären OSM treten sie in mindestens 2 Horizonten auf, einer Lage unterhalb und einer weiteren etwa im Niveau der Bentonite. Die untere zeigt autochthone Züge, ist wahrscheinlich älter als der Ries-Krater und kann auf ein vulkanisches Ereignis oder einen Impakt innerhalb des Molassebeckens zurückgeführt werden. Die wesentlich seltener überlieferte obere Lage darf als zeitgleich mit der Rieskatastrophe betrachtet werden und ist voraussichtlich von umgelagerten Trümmern abzuweichen, die heute noch als Einschaltung innerhalb der OSM des Donau-Raumes auftreten. Zur endgültigen Klärung sind bessere feinstratigraphische Kenntnisse der OSM erforderlich.

Die REUTERSchen Blöcke an der Basis quartärer Schotter stammen teilweise unmittelbar aus Ries-Trümmern im Liegenden (vor allem Donau-Raum), teilweise aus Brockhorizonten in der OSM (südliche Zusamplatte, Hohenrieder Schotterterrassentreppe, Isar- und Ampertal N München); teilweise sind sie von der Donau bis aus ihrem Quellgebiet glaziofluviatil antransportiert (nördliche Zusamplatte, heutiges Donautal). Eine Beurteilung im Einzelfall setzt sorgfältige Untersuchungen voraus.

Während bei einigen Vorkommen eine sehr genaue Ermittlung der Herkunft gelingt, ist dies in den meisten Fällen, vor allem im Haupt-Fundgebiet auf der nördlichen Zusamplatte, nicht möglich. Gerade hier muß vor Verallgemeinerungen besonders gewarnt werden.

Summary

The REUTER Blocks of Alpine forelands, which are foreign rocks here and most of which are composed of upper Upper Jurassic limestones of Franconian-Suebian facies, are considered on ground of their bedding, rock petrology and tectonic structures to be of different origins.

¹⁾ Dr. H. GALL, Dr. D. MÜLLER, Institut für Paläontologie und historische Geologie der Universität, 8 München 2, Richard-Wagner-Straße 10.

They are to be found in Upper Tertiary Upper Freshwater Molasse sediments in at least two layers, one lower and the other in the horizon corresponding approximately to that of bentonites. The lower one showing autochthonous characteristics, is probably older than the Ries Crater and can be attributed either to a volcanic eruption or to an impact in Molasse Basin. The other one, the rarely preserved upper layer, is considered to be of same age as the Ries catastrophe and is probably to be derived from the redeposited Ries debris rocks ("Ries-Trümmernmassen") which are found to occur still today as intercalations in the Upper Freshwater Molasse in the area of the Danube Valley. To solve this problem a more exact knowledge of the minute stratigraphy of Upper Freshwater Molasse is necessary.

The REUTER Blocks found at the base of quarternary gravels are derived partly directly from the Ries debris rocks forming the base (particularly in Danube area), partly from Brock beds in the Upper Freshwater Molasse (in southern part of "Zusamplatte", in "Hohenrieder Terrassentreppe" and in Isar and Amper Valleys north of Munich), and a part consists of those which have been transported fluvio-glacially by the Danube River from right out of its headwater area (in northern "Zusamplatte" and in the present Danube River Valley). Exact investigations are a prerequisite for making the decision in individual cases.

Whereas, in case of certain deposits the origin can be identified exactly, in most cases this is not possible, specially in the area of the major finds in northern "Zusamplatte". Here, one must be particularly cautious in generalizing.

Inhalt

A. Einführung	208
B. Lagerung und Herkunft der REUTERSchen Blöcke	209
1. Lagerung innerhalb der OSM	209
1.1 Horizont unter den Bentoniten	210
1.2 Horizont im Niveau der Bentonite	213
1.3 Herkunft der REUTERSchen Blöcke innerhalb der OSM	213
2. Lagerung an der Basis quartärer Schotter	215
2.1 Umlagerung aus der OSM	215
2.2 Umlagerung aus Ries-Trümmernmassen	220
2.3 Glaziofluvialer Transport aus dem Anstehenden	221
Angeführte Schriften	226

A. Einführung

Als REUTERSche Blöcke werden — in Anlehnung an REUTER (1926), der sich als erster näher damit befaßt hat — die schon PENCK (1901, 50) bekannten außeralpinen Weißjura-Blöcke bezeichnet, die vor allem an der Basis quartärer Schotter, aber auch horizontgebunden innerhalb der jungtertiären Oberen Süßwassermolasse (abgekürzt OSM) des nördlichen Alpenvorlandes auftreten. Besonders zahlreich sind sie in den quartären Schottern der Iller-Lech-Platte von Ulm im Westen bis Pöttmes im Osten sowie in quartären Donauschottern südlich des Nördlinger Rieses zu finden. Vergleichbare Vorkommen sind jedoch auch aus den Schottern des Donautales zwischen Regensburg und Straubing bekannt geworden. Außerdem finden sich der-

artige Gesteinsblöcke auch in der anstehenden OSM zwischen dem Bodensee-Gebiet im Westen und — z. T. später umgelagert — dem niederbayerischen Tertiär-Hügel-land im Osten. Es handelt sich in der Regel um schlecht gerundete Weißjura-Massenkalkblöcke von 20—40 cm, vereinzelt bis 200 cm maximaler Kantenlänge; daneben tritt — örtlich und untergeordnet — auch anderes Material auf, wie Kalke des oberen Braunen und tieferen Weißen Jura, Kalksandsteine der Oberkreide, jungtertiäre Basalte u. a.. Ihre Herkunft wurde bislang sehr unterschiedlich gedeutet: umgelagerte Auswürflinge aus dem Nördlinger Ries (z. B. BRANCA & FRAAS 1907, REUTER 1926), Zeugen eines Molasse-Vulkanismus (STEPHAN 1952), glazio-fluviatil transportiertes Material einer (pliozän-)pleistozänen Donau (ZENETTI 1913; SEEMANN 1939; SCHEUENPFLUG 1970, 1973). Ausführlichere Angaben hierzu finden sich bei SCHAEFER (1957) und SCHEUENPFLUG (1970). Für vergleichbare Vorkommen in der OSM der Ostschweiz nimmt HOFMANN (1973a, b) Auswurf durch einen im Molassegebiet einschlagenden Himmelskörper, zeitgleich mit dem Ries-Impakt, an. Doch während bisher jede der genannten Hypothesen die Deutung nahezu sämtlicher REUTERScher Blöcke für sich in Anspruch nahm, beginnt sich in jüngster Zeit mehr und mehr die Einsicht durchzusetzen, daß nebeneinander mit allen 3 skizzierten Möglichkeiten der Herkunft gerechnet werden muß. Im Einzelfall kann eine Beurteilung, welche Entstehungsmöglichkeit zutrifft, nur unter Berücksichtigung aller geologischer und geographischer Daten getroffen werden, sofern sie überhaupt möglich ist.

B. Lagerung und Herkunft der REUTERSchen Blöcke

Die Vorkommen der REUTERSchen Blöcke können nach ihrem stratigraphischen Auftreten zunächst in zwei Hauptgruppen gegliedert werden:

- a) Brockhorizonte oder Einzelfunde innerhalb der OSM (geringere Zahl),
- b) Basislagen quartärer Schotter der Donau und ihrer südlichen Nebenflüsse (Hauptmasse).

Innerhalb beider Gruppen ist eine weitere Gliederung möglich. Die Funde innerhalb der OSM können nur als — fluviatil etwas umlagerte — Auswürflinge aus dem Ries, zeitgleichen Impaktkratern oder autochthonen Molassevulkanen gedeutet werden. Bei den zahlenmäßig weitaus überwiegenden Vorkommen in quartären Schottern kommt neben Umlagerung solcher Blöcke aus der OSM sowie anstehenden Riestrümmernmassen zusätzlich noch direkter glaziofluviatiler oder fluviatiler Transport aus dem Anstehenden (Schwäbische Alb) in Betracht.

1. Lagerung innerhalb der OSM

REUTERSche Blöcke innerhalb der OSM treten nach bisheriger Kenntnis zumindest in 2 stratigraphisch verschiedenen Horizonten auf, deren Datierung allerdings noch nicht ganz gesichert ist:

- a) innerhalb der mittleren Serie (DEHM 1951),
- b) am Top derselben etwa im Niveau der Bentonite.

Ergibt sich schon hieraus eine Mehrphasigkeit der Förderung und somit wenigstens für einen der beiden Horizonte eine außerriesische Herkunft durch ortsgewun-

denen Vulkanismus (STEPHAN 1952) oder Impakt-Krater innerhalb der OSM (HOFMANN 1973a, b), so wird dies noch bekräftigt durch ihre z. T. abweichende Größe und Zusammensetzung (z. B. Gallenbach — STEPHAN 1952).

1.1 Horizont unter den Bentoniten

Die meisten der bisher aus der OSM bekannten Brockhorizonte liegen unterhalb der im Molassebecken verbreiteten Bentonite: Gallenbach und Umgebung (STEPHAN 1952), St. Gallen (BÜCHI & HOFMANN 1945, HOFMANN 1973a, b) und wahrscheinlich auch Agawang bei Augsburg (SCHEUENPFLUG 1973), und zwar ca. 30 m (Gallenbach) bis 70 m (St. Gallen).

WEISKIRCHNER (1972) unterscheidet in seiner Gliederung der Vulkanite im Hegau die Basisbentonite mit ca. $14,6 \pm 0,6$ Mio a, denen er die Hauptzahl aller im Molassebecken bekannten Vorkommen (Le Locle, Ostschweiz, Hegau, Augsburg, Landshut etc.) zuordnet, von den nur im Gebiet des Hohenstoffeln nachgewiesenen Oberen Bentoniten mit ca. $12,4 \pm 0,6$ Mio a. Er deutet sie, wie zuvor schon SIEGL (1948) und HOFMANN (1951), als umgewandelte Glastuffe saurer Magmen eines ortsgebundenen Molassevulkanismus mit höchstens örtlicher Beteiligung von verblasenem Ries-Material. GENTNER & WAGNER (1969) erachten die Bentonite auf Grund ihrer Spaltspurenalter ($14,6 \pm 0,8$ Mio a) für zeitgleich mit den Ries-Sueviten ($14,0 \pm 0,6$ Mio a) und deuten sie als verwitterte Produkte eines Mikrotektonitens aus dem Ries. Wenn auch über die Herkunft das letzte Wort noch nicht gesprochen ist, so scheinen doch zwischen Bentoniten und Ries-Sueviten höchstens geringfügige Altersunterschiede zu bestehen, so daß sie als gute Zeitmarken des Ries-Impakts im Molassebecken dienen können.

Hierfür spricht auch ihre stratigraphische Position innerhalb der OSM.

Die Bentonite Niederbayerns treten am Top des Nördlichen Vollschotters (abgekürzt NVS) im Niveau der Sandmergeldecke auf, die die Grenze zwischen der mittleren und jüngeren Serie i. S. v. DEHM (1951) markiert (vgl. etwa HEROLD 1969). Ein längerer Hiatus an dieser präriesischen Erosionsphase (u. a. HÜTTNER 1961; BIRZER 1969; GALL 1971a, 1974) (vgl. GRIMM 1957); auch die Größe der Proboscider-Arten ändert sich — aus bisher noch nicht ganz bekannten Ursachen — sprunghaft (DEHM 1963, 20). Die Zuordnung der Sandmergeldecke selbst ist noch etwas problematisch; so wird sie lokal durch einen Verwitterungshorizont vom NVS im Liegenden getrennt (z. B. HEROLD 1969), während sie an anderen Stellen anscheinend kontinuierlich sich aus diesem entwickelt. Damit könnte sie sowohl als Feinschüttung der ausklingenden Sedimentation des NVS, aber auch als selbständige Ablagerung zwischen NVS und der darüber folgenden, wesentlich jüngeren Hangendserie aufgefaßt werden.

Im Ries-Gebiet werden die Ablagerungen der älteren OSM von den Auswurfsgesteinen Bunte Trümmernmassen und Suevit durch einen deutlichen Hiatus getrennt. Während dieser präriesischen Erosionsphase (u. a. HÜTTNER 1961; BIRZER 1969; GALL 1971a, 1974) haben sich die Flüsse z. T. bis 150 m tief in die Alb eingeschnitten. Die jüngsten von Ries-Trümmernmassen noch bedeckten OSM-Ablagerungen — die Oggenhausener Sande im Gebiet E Heidenheim/Brenz — führen eine Probosciderfauna der mittleren Serie (vgl. GALL 1971b, 317). Eine solche ist aber auch aus den Süßwasserkalken des „Rezat-Sees“ von Georgensgmünd (S Nürnberg) bekanntgeworden (z. B. DORN 1939), die mit BIRZER (1969) als älteste Sedimente unmittelbar nach der Ries-Katastrophe aufzufassen sind. Einige Zeit später setzte die Sedimentation der OSM im Riesgebiet erneut ein, wobei das Relief bis über 150 m hoch verschüttet wurde (Postriesische Plombierung — SCHRÖDER & DEHM 1950). Ihre Ablagerungen haben sich stellenweise noch bis heute erhalten. OSM i. e. S. wurde, un-

terlagert von Bunten Trümmernmassen, auf einer Anhöhe NE Graisbach (E Donauwörth) 150 m über Donau-Niveau angetroffen (GALL 1971b). Die von Norden geschütteten Monheimer Höhengsande (DEHM 1931), die in vergleichbarer Position weiter nördlich noch flächenhaft verbreitet sind, haben einen Proboscidierrest der jüngeren Serie geliefert (GALL & MÜLLER 1970).

Damit fällt das Ries-Ereignis in die Sedimentationspause zwischen mittlerer und jüngerer Serie der OSM, die allerdings hier am Beckennordrand länger gedauert haben könnte als im Zentrum. Die angeführten paläontologischen Belege sprechen — in erster Näherung — für eine Datierung an den Beginn des Hiatus im Becken selbst und damit ungefähr in das Niveau der Bentonite.

Die Brockhorizonte unter den Bentoniten müssen dann aber älter als das Riesereignis sein und können nicht von diesem abgeleitet werden. Besonders gut kann dies am Horizont von Gallenbach gezeigt werden.

Die von PENCK (1901, 50) von „Markt unterhalb Augsburg“ und aus der „Gegend von Aichach“ ohne genauere Fundortsangabe erwähnten fremdartigen Gesteinskomponenten mitten im Tertiär — von REUTER (1926) angezweifelt — konnte STEPHAN (1952) in ihrer genauen Lage als Brockhorizont von Gallenbach — Ippertshausen (5,5 km SSW Aichach) ermitteln. Er liegt eindeutig in einer Sedimentfolge der OSM außerhalb des Verbreitungsgebietes altpleistozäner Deckenschotter, und zwar an der Basis zweier Schüttungskörper im Vertikalabstand von 1,5—2 m in Mergel-Flinzsanden zwischen den „Kiesen des Hagenauer Forstes“ und dem „Älteren Haupt-Kies“ (STEPHAN 1952, 83). Im Niveau etwa 30 m darüber, zwischen „Unterm“ und „Oberem Haupt-Kies“, wurden in der Bohrung Bitzenhofen vulkanische Tuffe, d. h. Bentonite, angetroffen (STEPHAN 1952, 84).

Allerdings ist die stratigraphische Situation der OSM im Gebiet von Augsburg—Aichach noch problematisch und bedarf weiterer Untersuchungen.

Nach STEPHAN (1952) liegt nämlich über den Bentoniten von Bitzenhofen der „Obere Haupt-Kies“, aus welchem — seinen Angaben zufolge — die bekannte Wirbeltierfauna von Stätzing bei Augsburg stammt. Diese gehört jedoch stratigraphisch der mittleren Serie der OSM an (vgl. DEHM 1955), womit der „Obere Haupt-Kies“ dem oberen Nördlichen Vollschotter entsprechen müßte, der Bentonit von Bitzenhofen dagegen innerhalb des NVS zu liegen käme. Er müßte damit älter als die Bentonite des Landshut-Mainburger-Gebietes sein, die am Top des NVS liegen. Dies ist jedoch nach bisheriger Kenntnis (u. a. WEISKIRCHNER 1972) nicht der Fall. Eine Lösung des Problems ist nicht einfach, zumal bis heute noch keine vollkommen befriedigende stratigraphische Gliederung der OSM weder auf paläontologischer noch auf lithofazieller Basis gelingt. Vielleicht hilft die Beobachtung weiter, daß im Gebiet Freising—Dachau in der Hangendserie der OSM ein markanter Kleinkies-Horizont auftritt, der in seiner Fazies (Komponentengröße, Zusammensetzung etc.) vom NVS in diesem Gebiet kaum unterscheidbar ist (vgl. S. 217). Auch bedarf die Zuordnung der Stätzlinger Kiesgrube zum „Oberem Haupt-Kies“ durch STEPHAN (1952) angesichts der oft sehr unruhigen Lagerungsverhältnisse innerhalb der OSM (Rinnenfazies, Reliefbildung u. a.) einer genauen Überprüfung, die wohl erst im Zuge einer geologischen Spezialkartierung des ganzen Raumes möglich ist.

Für die Ableitung des Gallenbacher Brockhorizontes sind diese stratigraphischen Probleme jedoch von geringerer Bedeutung; er muß in jedem Falle älter als der Bentonit von Bitzenhofen und damit auch älter als das Ries-Ereignis sein.

Eine Ableitung des Gallenbacher Brockhorizontes aus dem Ries muß aber auch aus anderen Gründen abgelehnt werden. Bereits SCHAEFER (1957) betont, daß die Komponenten einer „anderen Blockfamilie“ angehören als die REUTERSchen Blöcke an der Basis der quartären Schotter. Sie sind zwar auch kantig, aber durchschnittlich

nur 3—4, maximal bis 20 cm groß und bestehen nicht — wie die echten REUTERSchen Blöcke — fast nur aus Gesteinen des Weißjura-Delta und -Massenkalk, sondern auch aus Mergelkalken des tieferen Malm (mit Perisphinctiden) und Eisenoolithmergeln des oberen Dogger (mit Perisphinctiden und Anatinaceen) (STEPHAN 1952 und Aufsammlungen Prof. Dr. R. DEHM). Von besonderer Bedeutung sind — möglicherweise dislozierte — Mergelbrocken der ? OMM und OSM, vor allem aber Oberkreide-Kalksandsteine, deren Fazies ganz erheblich von den aus Ries-Trümmermassen bekannten Oberkreide-Sandsteinen (DEHM 1931; GALL, MÜLLER & YAMANI 1973) abweicht (STEPHAN 1952). Diese Komponenten sprechen — in Übereinstimmung mit STEPHAN — für eine außerriesische, autochthone Herkunft.

Ein weiteres Argument für Altersverschiedenheit mit dem Ries liefern Fossilien der feinkiesführenden OSM-Grobsande wenig über dem Brockhorizont. Folgende Faunula konnte bestimmt werden:

Gastropoda:	<i>Archaeozonites costatus</i> (SANDBERGER)
	<i>Tropidomphalus (Pseudochloritis) incrassatus</i> (KLEIN)
	<i>Cepaea silvana</i> (KLEIN)
	<i>Radix (R.) socialis dilatata</i> (NOULET)
	<i>Planorbarius cornu mantelli</i> (DUNKER)
Bivalvia:	Unionidae gen. et sp. indet. [Schalenrest]
Vertebrata:	cf. <i>Euprox</i> sp. [2. Phalange, Bestimmung Dr. SCHMIDT-KITTLER].

Die Gastropodenfauna entspricht in Artbestand und Häufigkeitsverteilung weitgehend der der Mittleren *Silvana*-Schichten, z. B. von Hohenmemmingen oder Dischingen (GALL 1971a). Diese sind — getrennt durch die präriesische Erosionsphase — deutlich älter als der Ries-Impakt (vgl. S. 210 f.). Im Gegensatz zu ihren großwüchsigen, feuchtigkeitsliebenden Faunenelementen führen die ältesten postriesischen Ablagerungen — Süßwasserkalke des Rezat-Altmühl-Sees (BIRZER 1969) — eine mehr aus trockenheitsliebenden Formen bestehende Fauna (vgl. DORN 1939). Wenngleich lokale ökologische Unterschiede nicht auszuschließen sind, darf dennoch — mit gewissem Vorbehalt — für die *Silvana*-Schichten und auch die Zeit des Gallenbacher Horizontes ein mehr feuchtes, für die Zeit der Ries-Entstehung jedoch ein trockeneres Klima angenommen werden.

Ähnliche Brockhorizonte mit reinen Sedimentgesteins-Auswürflingen wurden auch aus dem Gebiet von St. Gallen (Ostschweiz) bekannt, wo sie 50—70 m unter den dortigen Bentoniten liegen. Die Komponenten stimmen in ihrer Größe (selten bis 20 cm) gut mit denen von Gallenbach überein. Neben Kalken des Weißjura-Delta, -Epsilon und -Zeta sowie tieferen Weißjura-Stufen werden auch Quarzsandsteine vom Typus Stubensandstein und Keupermergel beschrieben (BÜCHI & HOFMANN 1945; HOFMANN 1973a, b).

Einen weiteren Brockhorizont fand SCHEUENPFLUG (1973) bei Agawang W Augsburg. Die Blöcke liegen — wie in Gallenbach — in zwei Horizonten im stratigraphischen Abstand von 4 m übereinander, zusammen mit OSM-Mergelbrocken in ungestörten OSM-Sanden. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Auswürflingen erreichen sie bis >0,7 m Durchmesser. Eine stratigraphische Zuordnung des Horizonts ist vorerst noch nicht möglich. Die räumliche Nähe zu Gallenbach könnte für das Niveau unter den Bentoniten sprechen, während die Komponentengröße mehr Parallelen zum Vorkommen von Niedertrennbach (s. unten) zeigt.

1.2 Horizont im Niveau der Bentonite

Auswürflinge im Niveau der Bentonite wurden bisher nur an einer einzigen Lokalität bekannt: Niedertrennbach bei Frontenhausen in Niederbayern (HEROLD 1969). Es handelt sich um eine zerrüttete Weißjura-Kalkscholle von >2 m Durchmesser sowie kleinere Komponenten, die über eine Fläche von 30—50 m² verteilt sind und nach HEROLD wahrscheinlich von einer einzigen einschlagenden Trümmermasse stammen. Die Juragesteine liegen in — durch den Einschlag gestauchten — tonig-sandigen Sedimenten der Sandmergeldecke im Hangenden des in einer Kiesgrube 200 m östlich des Ortes erschlossenen Nördlichen Vollschotters. HEROLD (1969) weist auf die wahrscheinliche Altersgleichheit mit den Bentoniten des Landshuter Gebietes hin. Die Scholle besteht seinen Angaben zufolge aus einem schwache Verkieselungen und Fossilien führenden Kalkstein des Weißjura-Gamma bis -Delta, dessen Fazies nach BARTHEL (in HEROLD 1969) aus dem Ries nicht bekannt wäre, sondern eher für eine Herkunft aus dem Molasseuntergrund Niederbayerns selbst spräche. Allerdings sind kieselsäurehaltige Kalke des tieferen Malm dem Riesgebiet nicht vollkommen fremd; so stehen etwa am Hauptgipfel des Hesselberges Schwammstotzen des Malm-Beta bis -Untergamma mit verkieselten Platychonien und anderen Fossilien an. Sichere Hinweise über das Herkunftsgebiet der Niedertrennbacher Scholle können aus ihrer Fazies also nicht abgeleitet werden.

1.3 Herkunft der REUTERSchen Blöcke innerhalb der OSM

Für die Herkunft der REUTERSchen Blöcke in der OSM bestehen mindestens 3 Möglichkeiten, von welchen — wegen des Auftretens der Gesteine in mindestens 2 verschiedenen Horizonten — auch wenigstens 2 in Frage kommen dürften:

1. Herkunft aus dem Ries (u. a. BRANCA & FRAAS 1907, REUTER 1926)
2. Auswurf durch vulkanische Ausbrüche innerhalb des Molassebeckens (STEPHAN 1952, HEROLD 1969)
3. Herkunft aus Impaktkratern innerhalb des Molassebeckens, zeitgleich mit dem Riesereignis (HOFMANN 1973a, b).

Mindestens ein Teil der REUTERSchen Blöcke innerhalb der OSM — wengleich nicht unbedingt eines der heute bekannten Vorkommen — muß aus dem Rieskrater stammen. Dies ergibt sich zwingend aus der Tatsache, daß nördlich der Donau zwischen prä- und postriesische OSM bis ca. 120 m mächtige Riestrümmermassen eingeschaltet sind, z. B. bei Graisbach (GALL 1971b, 309). Die Zone ihrer maximalen Mächtigkeit — heute weitgehend erodiert — lag im Bereich der möglichen präriesischen Haupt-Entwässerungsrinne im Gebiet des heutigen Donautales. Südlich davon dürften sie rasch ausgedünnt und bei weiter abnehmender Mächtigkeit schließlich — bis auf widerstandsfähige Relikte vor allem aus Massenkalken, eben den REUTERSchen Blöcken — zu Beginn der Schüttung der Hangendserie abgespült worden sein. Eine Erhaltung primär erratischer Einzelblöcke aus dem Ries ist zumindest in diesem Teil des Molassebeckens, wo während des Riesereignisses die Sedimentation ruhte, ausgeschlossen.

Auch die Vorstellung von REUTER (1926, 216 f.), daß die Blöcke beim Abtrag der — nicht mehr zusedimentierten — Riestrümmermassen noch im Tertiär auf der Landoberfläche sich angereichert und dort bis zu Beginn des Pleistozäns freigelegen hätten, muß, in Übereinstimmung mit SCHEUENPFLUG (1970, 188), abgelehnt werden. Wie rasch karbonatische Ge-

steine an einer Landoberfläche aufgelöst werden, zeigen sehr anschaulich die altpleistozänen Deckenschotter selbst, die in der Regel mehrere, gelegentlich bis über 6 m tief vollständig entkalkt sind (z. B. Kiesgrube 250 m westlich Wortelstetten bei Wertingen).

Brockhorizonte, deren Komponenten aus dem Ries stammen, müßten aus stratigraphischen Gründen im Niveau der Bentonite am Top des Hauptschotters bzw. seiner Äquivalente auftreten. Allerdings konnten sie hier — abgesehen von der isolierten Einzelscholle bei Niedertrennbach — bisher noch nicht nachgewiesen werden. Dies kann möglicherweise auf den späteren Abtrag großer Teile der jüngeren OSM im Pliozän und Ältestpleistozän zurückzuführen sein. Wie beträchtlich diese Erosion, der nach bisherigem Wissen nahezu die gesamte Hangendserie im donau-nahen Raum zum Opfer gefallen ist, gewesen sein muß, geht etwa aus der hohen Lage der Höhenterrassenschotter von Wertach und unterem Lech (SCHAEFER 1957) hervor. So überragt der Talboden der ältestpleistozänen Wertach am Staufenberg mit 575 m NN heute seine gesamte Umgebung, das Lechtal nördlich Augsburg um 125 m.

Für eine Herkunft der erratischen Weißjura-Gesteine im Niveau der Bentonite aus dem Ries könnten auch Alter und Entstehung der Bentonite selbst geltend gemacht werden. GENTNER & WAGNER (1969) erachten sie als zeitgleich mit dem Ries-Impakt und leiten sie von einem Mikrotektonenregen aus dem Ries ab. Allerdings ist eine strenge zeitliche Koinzidenz von Ries-Impakt und Bentonitbildung trotz verhältnismäßig guter Altersübereinstimmung nicht zwingend bewiesen; auch über die Genese der Bentonite besteht noch keine Einigkeit. So werden sie von HOFMANN (1951; 1973 a, b), wie zuvor schon von SIEGL (1948), auf Grund ihrer Zusammensetzung als verwitterte vulkanische Glasaschen gedeutet. WEISKIRCHNER (1972) hält eine geringe Beteiligung von verblasenem Suevitstaub neben vorwiegend vulkanischer Bildung für möglich.

Damit kann vielleicht auch ein Teil der Weißjura-Gesteine im Niveau der Bentonite auf örtliche vulkanische Tätigkeit zurückgeführt werden, was z. B. HEROLD (1969) für die Scholle von Niedertrennbach für wahrscheinlicher hält.

Mit großer Wahrscheinlichkeit sind aber — beim derzeitigen Kenntnisstand der Molasse-Stratigraphie — die Brockhorizonte unter den Bentoniten auf Auswurfsvorgänge innerhalb des Molassebeckens zurückzuführen. Hierfür sprechen, wie am Vorkommen von Gallenbach erörtert, das gegenüber dem Ries-Impakt höhere Alter sowie das Auftreten ortsgebundener Komponenten (z. B. autochthone Oberkreide). Folgerichtig schreibt STEPHAN (1952) den Brockhorizont von Gallenbach einem örtlichen vulkanischen Gasausbruch zu, der auch strukturell („Augsburger Hoch“) mit dem voralpinen Bereich verknüpft sei.

In jüngster Zeit hält HOFMANN (1973 a, b) die Herkunft der Vorkommen von St. Gallen — nach seiner Ansicht 100 000 bis 150 000 Jahre älter als die 50—70 m höher gelegenen Bentonite — von einem heute zusedimentierten, mit dem Ries-Impakt zeitgleichen Einschlagkrater im Bodensee-Gebiet für wahrscheinlich. Gegen eine vulkanische Entstehung führt er u. a. das Fehlen von vulkanischen Mineralien in den Brockhorizonten — von STEPHAN (1952) auch für Gallenbach hervorgehoben — an. Diese Deutung erscheint bestechend, kollidiert jedoch mit den Vorstellungen über die stratigraphische Stellung der Bentonite sowie der Brockhorizonte, die auch HOFMANN (1973 a, b) jeweils für untereinander gleichaltrig hält. So muß der Gallenbacher Horizont — wenigstens beim derzeitigen Wissensstand — sowohl aus paläontologischen wie lithostratigraphischen Gründen deutlich älter als das Ries-

Ereignis eingestuft und kann schon deshalb nicht, wie HOFMANN (1973 a, b) es versucht, damit in Zusammenhang gebracht werden.

Möglicherweise sind die Brockhorizonte unter den Bentoniten auch einem oder mehreren älteren Einschlügen im Molassebecken zuzuschreiben, eine Vorstellung, die allerdings wegen der großen Seltenheit sicher nachgewiesener Einschlagkrater in der Erdgeschichte auf gewisse Schwierigkeiten stößt.

Eine befriedigende Lösung des Problems ist wohl erst nach besser fundierten Kenntnissen über die OSM, ihre Feinstratigraphie sowie die Entstehung, zeitliche Einordnung und Parallelisierung ihrer Bentonit-Vorkommen möglich.

2. Lagerung an der Basis quartärer Schotter

Die weitaus überwiegende Zahl der REUTERSchen Blöcke wurde an der Basis quartärer Schotter gefunden, was z. B. REUTER (1926) zu der Ansicht verleitete, das Vorkommen derartiger Weißjura-Fremdgesteine sei überhaupt auf die Schotterterrassen beschränkt. Ihr geschlossenes Verbreitungsgebiet umfaßt das oberschwäbische Riedelland von östlich des Illertales im Westen bis zur Hohenrieder Schotterterrassentreppe (SCHAEFER 1957) im Osten, von der Donau im Norden bis Weißenhorn — Thannhausen — Augsburg — Pöttmes im Süden (vgl. SCHEUENPFLUG 1973).

Außerdem finden sich vergleichbare Gesteine entlang des Donautales bis ins Gebiet von Straubing—Deggendorf (vgl. S. 224 f.) sowie — als seltene Einzel-funde — im östlichen Alpenvorland nördlich München (siehe unten).

Für die Herkunft der REUTERSchen Blöcke in quartären Schottern bestehen vor allem drei Möglichkeiten: 1. Umlagerung aus der OSM; 2. Umlagerung aus Ries-trümmernmassen; 3. Glaziofluvialer Transport unmittelbar aus dem Anstehenden. Eine sichere Entscheidung kann nur bei einem Teil der Vorkommen getroffen werden.

2.1 Umlagerung aus der OSM

Während REUTER (1926) noch eine Herkunft sämtlicher REUTERScher Blöcke aus dem Ries-Krater, und damit eine Umlagerung in die quartären Schotter vermutete, muß heute für die meisten Funde ein glaziofluvialer Transport unmittelbar aus dem Anstehenden angenommen werden (SCHEUENPFLUG 1970, 1971, 1973). Allerdings kann diese Deutung, wie auch SCHEUENPFLUG (1973, 156 f.) erkannte, nicht für alle dieser Weißjura-Fremdgesteine in Frage kommen.

Ein besonders anschauliches Beispiel hierfür bilden die weit außerhalb des oben angeführten Verbreitungsgebietes gelegenen Vorkommen von Allershausen bei Freising und Moosburg (NE München).

Der Allershausener Block wurde vom Mitverfasser D. MÜLLER am 3. 11. 1968 neben dem frisch aufgeschotterten Gemeindeverbindungsweg Schnotting—Neuhausen (400 m S Ortsmitte Schnotting) gefunden (Gradabteilungsblatt 7535 Allershausen; R 4474200, H 5367200). Er zeigt die typische Ausprägung: kantengerundeter Weißjura-Kalkstein in fränkisch-schwäbischer Fazies mit den Ausmaßen $31,5 \times 23,5 \times 15,5$ cm, flacher Ober- und wulstig-höckeriger Unterseite sowie schwachen Limonitanflügen als ehemalige Grundwassermarken (vgl. REUTER 1926). Der hellbräunliche, etwas mergelig-flaserige Schwammstotzenkalk mit zahlreichen Terebrateln stimmt in seiner Fazies mit Gesteinen des tieferen

Weißjura (- Beta bis - Gamma) überein. In seiner Nähe lagen noch andere, beim Wegebau störende Grobkomponenten aus dem zum Aufschottern angefahrenen Amperkies, wie abgerollte Kalksandsteine und konglomeratisch verfestigte Kleinkiespartien der OSM sowie grobe alpine Karbonat- und Kristallingerölle aus dem Amperschotter selbst, dessen Feinmaterial sich häufig noch in Resten an den Grobkomponenten und auch an dem Weißjura-Kalksteinblock fand.

Als Herkunft des Wegebau-Materials konnte die Kiesgrube des Quarzsandwerkes I. HASLBERGER, 1,4 km SSE Allershausen (Gradabt.-Bl. 7535 Allershausen; R 4471070, H 5364850) ermittelt werden. Sie erschließt 5—6 m mächtigen glaziofluviatilen Niederterrasenschotter der wärmezeitlichen Amper mit viel aufgearbeitetem Tertiär-Material an der Basis: Kalksandsteine, Kleinkies-Karbonate, Kieselhölzer, Braunkohlenhölzer, gelegentlich auch Wirbeltierreste; Komponenten, wie sie in ganz entsprechender Ausbildung auch am Schnottinger Fahrweg gefunden wurden. An der Herkunft des Weißjura-Blocks besteht demnach kaum ein Zweifel.

Das Ampertal bei Allershausen (10 km W Freising, 35 km N München) liegt über 40 km östlich der Hohenrieder Schotterterrassentreppe mit ihren bisher östlichsten Quartär-Vorkommen REUTERScher Blöcke südlich der Donau; mehr als 50 km südlich des plio-pleistozänen Altmühl-Donautales, 90 km südöstlich des Nördlinger Rieses. Ein glaziofluviatiler Antransport des Blocks von der Alb (vgl. S. 221 ff.) ist aus hydro-geographischen Gründen ausgeschlossen. Damit bleibt als einzige Möglichkeit der Herkunft nur Umlagerung aus einem Brockhorizont in der OSM offen. Seine ursprüngliche Lage und stratigraphisches Niveau können aber nur schwierig und näherungsweise bestimmt werden.

Als Einzugsgebiet kommt in jedem Falle nur das Ampertal oberhalb des heutigen Fundortes in Betracht. Ein Antransport durch die bei Allershausen in die Amper einmündende Glonn aus dem Gebiet östlich Augsburg — wegen der geringen Entfernung zu Gallenbach an sich naheliegend — scheidet aus hydro-geographischen Gründen aus; der Fundort liegt 1 km oberhalb der Mündung der Glonn, außerhalb des Einflußbereichs ihrer Wässer. Im Pleistozän aber hätte das im Periglazialgebiet entspringende Fließchen ihn noch viel weniger erreichen können, da es die durch das Ampertal abfließenden reißenden Schmelzwässer des Ammer- und Starnbergersee-Gletschers hätten zurückdrängen müssen.

Der ursprüngliche stratigraphische Horizont des Blocks innerhalb der OSM kann beim derzeitigen Kenntnisstand entweder im Niveau der Bentonite oder unterhalb derselben gelegen haben. Zur weiteren Einengung müßten die stratigraphisch-geologischen Verhältnisse des Allershausener Gebietes bekannt sein, das aber in neuerer Zeit nicht kartiert wurde. Dagegen können die von BRUNNACKER (1962 bzw. 1959) aufgenommenen, östlich anschließenden Gradabteilungsblätter Freising-Nord und Freising-Süd, in denen auch die Ergebnisse älterer Arbeiten in größerem Rahmen berücksichtigt werden, einige Anhaltspunkte liefern, ergänzt durch eigene Beobachtungen. Demnach liegt das Gebiet des heutigen Fundortes im Bereich des W-E-streichenden Thalhausener Sattels wenig südlich seines Scheitels, an dem auf Blatt Freising-Nord die Grenze Nördlicher Vollsotter — Hangendserie bis auf 480 m NN ansteigt. In der näheren Umgebung des Fundortes müßte sie — nach der Streichkurvenkarte bei BRUNNACKER (1962, 74) zu urteilen — bei etwa 475 m NN, d. h. 40 m über der Tertiärsohle des Ampertales S Allershausen (\sim 435 m NN), liegen.

Als charakteristische Merkmale des NVS im Freisinger Gebiet gibt BRUNNACKER (1962, 14 f.) Parallelschichtung, relativ grobe Körnung (bis max. 5 cm) und das Auftreten kleiner, plättchenförmiger Karbonatgeröllchen an, während Kleinkies-Horizonte der Hangendserie unruhigere Schrägschichtungen, feinere Körnung (kaum über 1 cm) und keinen Karbonatanteil mehr zeigen sollen. Eine großzügige Überprüfung des Tertiär-Gebietes zwischen Isar und Amper südlich der Linie Allershausen-Freising ergab indessen, daß diese Kriterien nur

mit großer Vorsicht angewandt werden können. Parallelschichtung, relativ grobe Komponenten und sogar Karbonatgerölchen wurden auch in Schottern beobachtet, die auf Grund ihres stratigraphischen Auftretens eindeutig zur Hangendserie gerechnet werden müssen. Eine Probe, entnommen am Sportplatz 200 m südwestlich der durch ihre Säuger- und Pflanzenreste der Hangendserie bekannten Sand- und Kiesgrube von Massenhausen enthielt Gerölle bis > 80 mm und — bei einer Zusammensetzung von 63% Quarz, 28% Kristallin und 3% Sandstein der Fraktion > 10 mm — 6% Karbonat. Andererseits können Karbonate im NVS sekundär fehlen, wenn dieser stärker verwittert ist. Relativ grobe Gerölle erwähnt auch BRUNNACKER (1962, 21) aus dem unteren, bis 20 m mächtigen Kleinkies-Horizont der Hangendserie auf Blatt Freising-Nord und deutet sie als umgelagerten NVS. Neuere Kenntnisse über die Verbreitung der Hangendserie bis über die Donau (GALL 1971b) sowie die erwähnten Karbonatgerölle, welche GRIMM (1957) auch aus dem — der Basis der Hangendserie zuzuordnenden — Südlichen Vollsotter (SVS) Ostniederbayerns anführt, lassen diese Annahme als wenig zutreffend erscheinen. Ein besseres Unterscheidungskriterium könnte die unterschiedliche Zusammensetzung des Kristallingehalts liefern. So hat der SVS nach GRAUL & WIESENER in GRIMM (1957, 116) u. a. mehr Grüngesteine (Serpentin, Amphibolit, Hornblende-Eklogit) als der NVS. Tatsächlich wurde in einer Probe aus NVS, 30 m unter Basis Hangendserie (Kiesgrube 0,65 km N Unterkienberg/Allershausen), ein Anteil von ca. 5% Chlorit und Hornblende führender Gesteine innerhalb der Kristallinfraktion gefunden, bei den Schottern von Massenhausen dagegen von 17%. Eine befriedigende Untergliederung der OSM in dem genannten Raum wird aber erst nach umfangreichen geologisch-sedimentologischen und vor allem paläontologischen Untersuchungen am besten im Zuge von Spezialkartierungen möglich sein. Vorerst kann sie nur mit gewissen Vorbehalten und in groben Zügen erfolgen.

Unmittelbar östlich des Fundorts des Allershausener Blocks ist in der neuen, großen Kiesgrube des Quarzsandwerkes HASLBERGER NVS mit den von BRUNNACKER (1962, 14 f.) angegebenen Merkmalen 20 m mächtig bis etwa 470 m NN erschlossen. Darüber folgt mit fließendem Übergang — als durchgehendes, bis 2 m mächtiges Band — hellgelblicher, partienweise lebhaft blaugrüner Mergel, der vielleicht mit der Sandmergeldecke in Niederbayern zu parallelisieren ist. Er wird mit scharfer Grenze — Erosionsdiskordanz — von 2—4 m mächtigem Schotter überlagert, der noch zahlreiche Karbonatgerölle führt, aber schlechtere Korngrößen-sortierung, mehr sandiges Zwischenmittel, unruhige Schrägschichtung und einen Anteil von 16% Grüngesteinen innerhalb der Kristallinfraktion zeigt. Durch diese Merkmale erinnert er schon mehr an die Hangendserie, der er mit einigem Vorbehalt (s. oben) auch zugeordnet werden kann. 6—8 m Flinsand und Mergel der jüngeren Serie schließen das Profil in der Grube ab. Die nach Feldbeobachtungen bei 470—475 m NN festgelegte Grenze zwischen NVS und Hangendserie stimmt mit der durch Extrapolation der Streichkurvenkarte bei BRUNNACKER (1962, 74) ermittelten Höhe von 475 m NN gut überein. Bei Allershausen stehen über der Schottersohle des Ampertales (435 m NN) also noch 35—40 m NVS über Tage an.

Wenn man von Allershausen im Ampertal nach Süden wandert, fällt an der Talverengung zwischen Gremertshausen und Hohenbercha — ca. 4 km südlich der Kiesgrube HASLBERGER — ein deutlicher Wechsel der Morphologie ins Auge. Waren die Talflanken bisher ziemlich steil und ließen am Unterhang deutlich den relativ groben Hauptschotter zu Tage treten — zuletzt, allerdings stärker verwittert und entkalkt, in der Kiesgrube 600 NE Zinkmiltach am westlichen Talrand erschlossen — so sind sie von jetzt ab ausgesprochen sanft und werden fast nur noch von Mergeln und Flinsand der Hangendserie aufgebaut. Auf gleicher geographischer Breite taucht 5 km östlich am Westrand der Münchener Schotterebene der Hauptschotter unter die Talsohle ab (vgl. BRUNNACKER 1959). Allerdings sind weiter südlich am östlichen Talrand zwischen Großnößbach und Haimhausen wieder mehrfach relativ grobe Schotter zu beobachten, die in ihrer geographischen und stratigraphischen Position als westliche Fortsetzung der karbonatführenden Schotter von Massenhausen (4,5 km östlich) anzusehen und der Hangendserie — vielleicht als Äquivalent des unteren Kleinkies-Horizontes im Raum Freising-Nord (BRUNNACKER 1962, 21) — zuzurechnen sind.

Als Einzugsgebiet des Allershausener Blocks kommt demnach der Bereich des Ampertales bis maximal ca. 5 km südlich des heutigen Fundorts (Allershausen) in Frage. Welcher der beiden Horizonte innerhalb der OSM den Block geliefert hat, ist ungewiß. Mehrere Gesichtspunkte sprechen für das Niveau unterhalb der Bentonite, etwa größere Häufigkeit der Funde im Molassebecken im allgemeinen, relativ geringe Entfernung zum nächstgelegenen Brockhorizont (Gallenbach — ca. 40 km); außerdem die Tatsache, daß bisher noch nie an der — in zahlreichen Gruben erschlossenen — Grenze Hauptschotter/Hangendserie im Freisinger Gebiet ähnliche Weißjura-Auswürflinge gefunden wurden. Das Einzugsgebiet würde sich in diesem Falle auf die engste Umgebung des heutigen Fundortes einengen lassen.

Ein weiterer kantengerundeter Weißjura-Block mit den Maßen $50 \times 30 \times 20$ cm wurde — schon vor dem Allershausener Fund — von Herrn Prof. Dr. R. DEHM am 22. 3. 1968 in der Grube 500 m nordwestlich der Aselmühle bei Moosburg (7537 Moosburg; R 4494300, H 5373100) geborgen. Der kantig-quaderartige Block mit noch deutlicher Begrenzung längs zweier Kluftscharen im ehemals Anstehenden zeigt die charakteristische stärker gerundete Ober- und mehr wulstig-höckerige Unterseite. Er besteht aus einem ziemlich harten, hellbräunlichen, etwas flaserigen, tuberoidischen Kalkstein mit — z. T. schwach verkieselten — Schwämmen und hellen sessilen Foraminiferen; eine Fazies, die für etwas verschwammte Bankkalke des fränkischen Weißjura-Delta bezeichnend ist. Eine nennenswerte Beanspruchung ist nicht erkennbar.

Der Block wurde — nach freundlicher mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. DEHM — etwa in halber Höhe der Grube, nicht mehr anstehend, gefunden. Heute ist in der Grube nur ~ 6 m Lößlehm mit Fließerdelagen, überdeckt von ca. 1 m frischem, kalkhaltigem Löß, erschlossen. Eine Rekonstruktion des ursprünglichen Nebengesteins gestatten aber an dem Block anhaftende Sedimentreste: Hellgrauer, oben mehr bräunlicher, kalkig verfestigter sandhaltiger Schotter mit deutlicher Vormacht an angewitterten kalkalpinen Karbonaten neben Jurahornsteinen und Radiolariten sowie umgelagerten OSM-Komponenten (Quarze, saure kristalline Schiefer, Lydit u. a.). Demzufolge entstammt der Weißjura-Block einem glaziofluviatilen, schon etwas verfestigten Schotter, wie er in ähnlicher Fazies die Isar-Hochterrasse SW Moosburg zusammensetzt, aber am Fundort selbst sowie in den übrigen ehemaligen Lehmgruben am Moosburger „Ziegelberg“ heute nicht mehr zutage tritt.

Dennoch ist die Existenz glaziofluviatilen Hochterrassenschotters unter den mächtigen Löß- bzw. Lößlehm-Serien des „Ziegelberges“ mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen. Hierfür spricht außer dem Nebengestein des Blocks auch die morphologische Situation. Die Lehmgrube an der Aselmühle liegt nördlich der Amper am Rand einer deutlichen Terrassenfläche gegen das von hier in nordwestlicher Richtung ansteigende Tertiär-Hügelland. Diese Terrasse läßt sich sowohl auf der topographischen Karte als auch im Gelände sehr gut abgrenzen und gegen SW bis kurz vor Inkofen verfolgen, wo fast genau gegenüber am südlichen Talrand der Amper, der Westrand der Isar-Hochterrasse von Oberhummel—Moosburg gegen das Tertiär-Hügelland abgeschnitten wird. Nordöstlich des Maurener Baches bildet die Hochterrasse von Wang—Isareck—Bruckberg ihre morphologische Fortsetzung. Obwohl im gesamten, nur selten und flachgründig erschlossenen Gebiet zwischen Inkofen und der Aselmühle ein einwandfreier Nachweis glaziofluviatiler Isar- oder Amper-Hochterrassenschotter bisher noch nicht möglich war, ist dennoch anzunehmen, daß sie auch in diesem Bereich vorhanden sind, allerdings unter einer ebenso mächtigen Bedeckung von periglazialen Schottern und Lehmen, wie sie die Hochterrasse von Isareck—Bruckberg aufweist. Hier zeigen sich z. B. in der Kiesgrube 800 m SW Edlkofen 3,5—5 m Isarschotter von 5—7 m periglazial verfrachtetem OSM-Material und noch 2,5 m Löß bedeckt.

Auch der Moosburger Block kann nicht glaziofluvial von der Alb antransportiert worden sein, sondern muß ursprünglich einem Brockhorizont innerhalb der

OSM entstammen. Als Einzugsgebiet kommen maximal das gesamte Ampertal von südlich Allershausen bis zum heutigen Fundort, das Glonnatal vom Gebiet östlich Augsburg bis Allershausen sowie der Westrand der Münchener Schotterebene von Pellhausen W Freising bis E Langenbach in Frage; somit ein in W-E-Richtung gestrecktes Areal von etwa 60×10 km. Leitet man — was wahrscheinlich ist — den Block aus dem Horizont unter den Bentoniten ab, so verkleinert es sich allerdings beträchtlich.

Wie Übersichtsbegehungen und ein Vergleich mit den Verhältnissen am Ostrand des westlich anschließenden Blattes Freising-Nord (BRUNNACKER 1962) zeigen, liegt an der Höhe 474,7 m nordwestlich der Lehmgrube an der Aselmühle die Oberkante des Hauptschotters bei ca. 460—465 m NN. Darüber folgen dann Tonmergel der Hangendserie oder der Sandmergeldecke, überlagert von Schotter der Hangendserie. Die Basis der Hochterrasse liegt mit ca. 420—425 m NN etwa 35—40 m unter der Oberkante des Nördlichen Vollschotters, die wenige km im Südwesten bereits auf unter 450 m NN abtaucht.

Als wahrscheinlichstes Einzugsgebiet käme dann vor allem der Bereich bis etwa 3 km südwestlich des heutigen Fundortes in Betracht. Ein Antransport durch eine prä-würmeiszeitliche Amper ist weniger anzunehmen, da das Ampertal zu dieser Zeit wohl noch nicht von transportkräftigen Gletscherschmelzwässern durchflossen wurde.

Für diese Annahme sprechen vor allem die Verhältnisse zwischen Langenbach und Inkofen, wo die Hochterrassenflächen von Oberhummel—Moosburg im Süden und Inkofen—Aselmühle im Norden vom heutigen Ampertal glatt abgeschnitten werden, ohne sich in dieses ein Stück flußaufwärts hineinzuziehen, sowie das — nach bisheriger Kenntnis — Fehlen glaziofluvialer Amper-Hochterrassenschotter im gesamten Bereich des Tertiär-Hügellandes flußaufwärts bis Dachau, wo die Amper die Münchener Schotterebene verläßt.

Vermutlich lag hier vor der Würmeiszeit die Wasserscheide zwischen der Münchener Schotterebene im Süden und einem noch ganz im Tertiär-Hügelland verlaufenden, gegen Allershausen fließenden Bach im Norden. Die kräftigen Schmelzwässer des würmeiszeitlichen Ammerseegletschers, die im Gegensatz zu früheren Eiszeiten jetzt fast ganz zur Münchener Schotterebene entwässerten, haben dann wohl den Rand des Tertiär-Hügellandes durch Seitenerosion ein Stück nach Norden zurückgedrängt und dabei auch die Wasserscheide beseitigt. Sie konnten so in das Tal des genannten Baches eindringen und dieses sowie den Unterlauf der alten Glonn östlich Allershausen zum heutigen Ampertal ausformen.

Daß auch im Hauptverbreitungsgebiet zwischen Iller und dem Ostrand der Hohenrieder Schotterterrassentreppe ein Teil der REUTERSchen Blöcke nicht glaziofluvial von der Alb antransportiert worden sein kann, hat unlängst SCHEUENPFLUG (1973) entgegen seiner ursprünglichen Annahme (1970) erkannt. Die Funde südlich seines altpleistozänen Donaulaufes leitet er von Brockhorizonten innerhalb der OSM, wie z. B. aus dem neu entdeckten von Agawang SW Augsburg, ab.

Gewisse Probleme bietet die Herkunft der Blöcke in hochgelegenen Schottern der Hohenrieder Terrassentreppe, z. B. bei Hohenried (REUTER 1926, 199), mit 525 m NN rund 50 m über dem nur 14 km entfernten Brockhorizont von Gallenbach (475 m NN). Vielleicht können tektonische Verstellungen — auch weiträumige Verbiegungen — diesen Höhenunterschied erklären; andererseits ist auch an Brockhorizonte in heute abgetragenen Schichten der OSM zu denken.

2.2 Umlagerung aus Ries-Trümmernmassen

Während die REUTERSchen Blöcke südlich des Donautales — soweit sie nicht glaziofluvial von der Alb antransportiert worden sind — in erster Linie auf Brockhorizonte innerhalb der OSM zurückgeführt werden müssen, in welchen bereits eine fluviale Vorsortierung stattgefunden hat, ist zumindest ein erheblicher Teil der Blöcke in jüngeren Donauschottern aus den Ries-Trümmernmassen selbst ausgewaschen worden.

Nach Ablagerung der älteren OSM hat sich während der bereits erwähnten Hebungs-Erosionsphase vor Sedimentation der Hangendserie im Gebiet des heutigen Donautales ein vermutlich E-W-gerichteter Fluß gebildet und ein breites Tal bis unter die Sohle des heutigen Donautales angelegt. Er diene als Vorfluter für die schon vorhandenen Flüsse im Vorries (Egau, Kessel, Eger, Wörnitz, Urmain), die sich ebenfalls bis unter ihre heutigen Sohlen eintiefen (vgl. u. a. GALL 1971 b, 317). Im Bereich des heutigen Donautales sowie auf der Schwäbischen Alb wurde die ältere OSM bis auf Reste entfernt, während sie auf der Fränkischen Alb noch flächenhaft erhalten blieb (vgl. BOLTEN & MÜLLER 1969, 96 f.). Bei der Ries-Katastrophe wurde das Flußsystem restlos mit Trümmernmassen plombiert. Das breite hypothetische Urtal im Gebiet der heutigen Donau konnte offenbar den größten Teil des aus dem Ries anbrandenden Trümmernstroms abfangen, so daß nur noch wenig Riesschutt darüber hinaus nach Süden gelangte. Immerhin muß auch der nördlichste Teil des schwäbischen Riedellandes südlich Donauwörth noch mit Trümmernmassen bedeckt worden sein, da er sich in gleicher Entfernung zum Krater-Zentrum wie die äußersten Vorkommen Bunter Breccie auf der fränkisch-schwäbischen Alb (Bieswang bzw. Oggenhausen — GALL & MÜLLER 1971, 276) befindet. Noch während der Erosionsphase aber, deren größter Teil zeitlich auf das Ries-Ereignis folgte, wurden die Trümmernmassen teilweise wieder entfernt, vor allem im Riedelland südlich der heutigen Donau, wo sie nur mehr als dünne, lückenhafte Schleierdecke erhalten geblieben sein dürften.

Durch die Sedimentation der jüngeren OSM (Hangendserie) mit ihren Nord-schüttungen (Monheimer Höhensande, ? Ureger-Wörnitz-Geröllsande) wurde das gesamte südliche Vorries vollkommen plombiert. Dies zeigt besonders anschaulich das Gebiet um Graisbach, wo heute noch präriesische OSM, Ries-Trümmernmassen und ein kleiner Erosionsrest der postriesischen OSM in einem Profil übereinander erhalten geblieben sind (GALL 1971 b, 309). Unter der schützenden Sedimentdecke der jüngsten OSM-Ablagerungen wurden die Ries-Trümmernmassen längere Zeit vor Abtragung bewahrt. Mit der erneuten Heraushebung im Pliozän und Pleistozän aber, die zur Anlage der heutigen Donau mit ihren Nebenflüssen führte, fielen große Teile der OSM — die Hangendserie sogar bis auf wenige Reste — der Erosion und Denudation zum Opfer. Südlich der Donau wurden spätestens durch die reißenden Gletscher-Schmelzwässer der voralpinen Zuflüsse im Alt-Pleistozän die Ries-Trümmernmassen nahezu quantitativ entfernt. Geringe Reste könnten allerdings noch heute in dem seit v. GÜMBEL (1889) nicht mehr geologisch aufgenommenen Gebiet unter den altpleistozänen Deckenschottern verborgen liegen. Im Bereich des hypothetischen Donau-Urtales aber, wo die Ries-Trümmernmassen in besonders hoher Mächtigkeit angehäuft wurden, blieben Relikte derselben sogar unter mittel- bis jungpleistozänen und holozänen Donauschottern noch erhalten, z. B. bei Donaumünster (GALL 1974) und Donauwörth (SCHETELIG 1962). Hier konnten sich dann zahlreiche härtere Komponenten der Bunten Breccie als REUTER-

sche Blöcke in die Basislagen der Schotter anreichern, während tonig-mergelige und sandige Komponenten weggespült wurden. Ries-spezifische Gesteine — wie etwa Suevit-Fladen — wurden zwar bisher noch nicht als REUTERSche Blöcke bekannt, jedoch darf die bisher in wenigen Fällen beschriebene „Vergriesung“ als eindeutiges Kriterium für eine Herkunft aus Ries-Trümmernmassen betrachtet werden, also jene totale Zertrümmerung bis zu feinstem Gesteinsmehl herab, die für aus dem Impaktkrater transportiertes hartes Gestein so charakteristisch ist. Isolierte Griesblöcke hatten im allgemeinen nur dann eine Überlieferungschance, wenn sie bereits vorher als wieder verfestigter „Griesfels“ vorlagen. Nur bei einmaliger Umlagerung aus den Ries-Trümmernmassen und kurzem Transportweg — Verhältnisse, wie sie z. B. im Bereich der Donau-Hochterrasse W Tapfheim gegeben sind — blieben auch weniger verfestigte Komponenten erhalten. In den dortigen Kiesgruben, z. B. W Gremheim, zeigen vor allem die häufigen Weißjura-Massenkalkblöcke nicht selten deutliche und typische Vergriesung; die größten Griesfelsblöcke maßen $60 \times 50 \times 30$ cm und $45 \times 35 \times 20$ cm. Andere Blöcke, äußerlich völlig intakt erscheinend, zerfielen beim Anschlagen längs eines engscharigen, schieferungsartigen Kluftsystems in einzelne Griesstücke. Auch an der Basis holozäner Schotter SE Tapfheim wurden Griesblöcke nachgewiesen (GALL 1974).

Während einerseits damit zu rechnen ist, daß die meisten REUTERSchen Blöcke in den Donauschottern aus Ries-Trümmernmassen stammen, kann andererseits der Nachweis geführt werden, daß ein Teil derselben auch glaziofluvial antransportiert worden ist. Geradezu als Leitgesteine für diese Art der Herkunft können die von GALL (1974) erwähnten Komponenten aus Schilfsandstein des mittleren Keupers, Unterer Süßwassermolasse und vor allem Basalt im Gebiet SW Tapfheim, die dem Riesgebiet fremd sind, gelten (vgl. S. 224).

Auch südlich des heutigen Donautales könnte in den altpleistozänen Deckenschottern ein erheblicher Teil der REUTERSchen Blöcke noch aus dem Ries stammen; hier allerdings vorwiegend nicht mehr unmittelbar aus Trümmernmassen, sondern aus Brockhorizonten innerhalb der OSM, deren — bereits fluviatil überprägte — Komponenten auch innerhalb des Pleistozäns durch die reißenden Gletscher-Schmelzwässer der südlichen Donau-Zuflüsse noch mehrfach umgelagert worden sein konnten. Es ist verständlich, daß unter den Bedingungen einer derartigen wiederholten fluviatilen Auslese nur die widerstandsfähigsten Komponenten erhalten bleiben konnten, also vorwiegend wenig beanspruchte Massenkalke, die aber — als untypisches Gestein — in ihrer Herkunft stets mehrdeutig sind. Immerhin finden sich gelegentlich Hinweise auf brecciöse Weißjura-Blöcke, so bei REUTER (1926, 209), leider ohne nähere Fundortsangabe, und bei SCHEUENPFLUG (1970, 185), aus der Langweider Hochterrasse NNW Augsburg. Allerdings vermochte sich SCHEUENPFLUG (1970) nicht auf eine Herkunft aus dem Ries festzulegen.

2.3 Glaziofluvialer Transport aus dem Anstehenden

Für die Mehrzahl der REUTERSchen Blöcke im nördlichen Teil ihres Hauptverbreitungsgebietes zwischen Iller und Paar kommen auf Grund ihrer Lage mehrere, grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten der Herkunft in Betracht. Es ist so nicht verwunderlich, daß gerade hier die Diskussion um ihre Herkunft besonders intensiv geführt wurde.

PENCK (1901) versuchte sie von tektonisch bedingten Anreicherungen innerhalb der OSM abzuleiten, eine Vorstellung, die er später (in BRANCA & FRAAS 1907) wieder verwarf. Eine Herkunft von Juraklippen kann bei dem heutigen Kenntnisstand vom Untergrund des Molassebeckens ausgeschlossen werden (STEPHAN 1952, SCHAEFFER 1957 u. a.).

Vor allem durch REUTER (1926) wurde die Ansicht einer Herkunft aus dem Ries vertreten, die in der Folgezeit als die glaubwürdigste Lösung des Problems galt und auch heute nicht völlig widerlegt werden kann.

Daneben wurde schon frühzeitig fluviatiler Antransport durch eine alte Donau unmittelbar aus dem Anstehenden in Erwägung gezogen. ZENETTI (1913) dachte an Transport durch Grundeis. Eine rein fluviatile Verfrachtung, z. B. von SEEMANN (1939, 199) durch eine weiter südlich als heute verlaufende pliozäne Donau postuliert, wurde bereits von PENCK (1901) wegen der kantigen Gestalt der Blöcke entschieden abgelehnt. Wesentlich glaubwürdiger erscheint die erstmals von C. DORN (1943) vertretene Theorie eines Eisschollentransports durch eine altpleistozäne Donau von der Ulmer Alb her, eine Ansicht, die besonders SCHEUENPFLUG (1970, 1971, 1973) wieder aufgegriffen und mit weiteren Argumenten untermauert hat. Zwar sind einige derselben etwas anfechtbar, jedoch nach den Funden spezifischer Donaugerölle und einwandfrei außerriesischer kantengerundeter Blöcke kann an der Herkunft eines Teils der Jura-Blöcke kein Zweifel mehr bestehen.

So ist SCHEUENPFLUG (1971, 3 f.) der Ansicht, der in einigen Aufschlüssen in den Dekenschottern der Zusamplatte nachgewiesene hohe Anteil an außeralpinen Weißjura-Geröllen (bis über 80 %) könne wegen der großen Masse an umgelagertem Weißjura-Material nicht aus dem Ries stammen. Hier läßt sich einwenden, daß es einerseits nicht unproblematisch ist, von einzelnen Kiesgruben auf die Zusammensetzung der Schotter im gesamten dazwischenliegenden Gebiet zu schließen, andererseits, wie bereits mehrfach dargelegt wurde, noch mit unentdeckten Vorkommen von Riestrümmermassen unter den Schottern gerechnet werden muß, die sehr wohl eine beträchtliche Menge an Weißjura-Material liefern könnten. Dieses muß nicht unmittelbar aus dem Rieskrater stammen, sondern kann teilweise auch im Vorries durch die heranbrandenden Trümmermassen aufgeschürft und abgesprengt worden sein. Die Tatsache, daß Riestrümmermassen bisher immer nur auf mechanisch unverwittertem, geschrammtem Untergrund, nie auf einem alten autochthonen Boden mit schon aufgelöstem Verband des Weißjuragesteins, angetroffen wurden, beweist eindeutig, daß zumindest der Weißjura im Verwitterungsbereich der präriesischen Landoberfläche aufgeschürft wurde. Damit aber kann der Weißjura-Anteil in der Gesamtheit der Trümmermassen beträchtlich größer als das aus dem Krater ausgesprengte Weißjura-Volumen sein.

Auch die große Entfernung der äußersten Vorkommen vom Nördlinger Ries — bis über 70 km gegenüber den aus anderen Vorries-Quadranten ermittelten Werten von etwa 40 km (GALL, MÜLLER & STÖFFLER 1975) — spricht nicht unbedingt gegen eine Herkunft von dort. Es muß nämlich berücksichtigt werden, daß die heute bekannten äußersten Vorkommen von Ries-Trümmermassen auf der Fränkisch-Schwäbischen Alb bestenfalls die äußersten bis jetzt der Verwitterung entgangenen Reste darstellen, keinesfalls aber die äußersten primären Vorkommen von Riesgesteinen markieren. Im Molassebecken jedoch waren durch mächtige Sedimentüberdeckung aller Auswürflinge günstige Bedingungen auch für die Überlieferung der weitest transportierten Riesgesteine gegeben. Ihre Erhaltung ist dort in ganz wesentlichem Ausmaß von der späteren fluviatilen Überformung dieses Raumes im Pliozän und Pleistozän abhängig. Somit kann aus der Tatsache, daß der noch von REUTER (1926) angenommene, einseitig gegen SW gerichtete Auswurf der Ries-Trümmergesteine (mit dem die damals bekannten Vorkommen von Weißjura-Gesteinen im Alpenvorland bestens in Einklang zu bringen waren) heute überholt ist (HÜTTNER 1969, 182; GALL, MÜLLER & STÖFFLER 1975), nicht umgekehrt gegen eine Herkunft aus dem Ries geschlossen werden. Alle Vermutungen über die primäre maximale Verbreitung der Auswürflinge um den Rieskrater müssen

mehr oder weniger unbewiesene Hypothesen bleiben, da es sich um eine fossile Struktur handelt und (sub-)rezente Krater gleicher Größenordnung nicht bekannt sind.

Weitere Hinweise für eine außerriesische Herkunft der Weißjura-Blöcke sieht SCHEUENPFLUG (1971, 5 ff.) in Leitgeröllen eines alten Donaulaufes in den Schottern der Zugsamplatte. Nicht bei allen der von ihm angeführten Gesteinsarten ist eine Herkunft von den Alpen bzw. aus der OSM mit absoluter Sicherheit auszuschließen, so bei den Buntsandsteinen, den rötlichen Graniten, den Gneisen und Porphyren. Auch die Größe einiger Buntsandstein-Gerölle spricht — bei richtiger Einschätzung der Transportkraft alpiner Flüsse, vor allem der reißenden Gletscherschmelzwässer im Pleistozän — nicht unbedingt gegen eine Herkunft aus den Alpen; selbst glaziofluviatiler Transport von den Endmoränenwällen wäre denkbar. Der Nachweis einer altpleistozänen Donau wird durch diese Einwände jedoch nicht gemindert (s. unten).

Auch stratigraphische Zugehörigkeit, Erhaltungszustand und Größenverteilung der REUTERSchen Blöcke selbst könnten Argumente gegen eine Ableitung aus dem Ries liefern.

Die erratischen Gesteinsblöcke gehören vorwiegend der Massenkalkfazies des Weißjura-Epsilon bis -Zeta, daneben Bankkalken des Weißjura-Gamma und -Delta an; Brauner Jura oder ältere Formationen wurden — außer aus dem Donautal (GALL 1974) — nicht bekannt (vgl. REUTER 1926, 207 ff.; SCHAEFER 1957, 26; SCHEUENPFLUG 1970, 181). Das Fehlen älterer Gesteine als solcher, die noch heute die Hochfläche der Schwäbischen Alb aufbauen, könnte für eine glaziofluviale Herkunft von dort und gegen eine Ableitung aus dem Ries gewertet werden. Jedoch hebt bereits REUTER (1926, 209) die starke fluviale Auslese des ehemaligen Riesschuttes hervor, von dem nur die härtesten Komponenten, also gerade die Massen- und Schichtkalke des höheren Weißjura, erhalten bleiben konnten. Außerdem besteht ein charakteristisches Merkmal der Ries-Trümmersmassen darin, daß mit zunehmender Entfernung vom Krater der Anteil an Schollen aus stratigraphisch jüngeren Gesteinen zunimmt, bis schließlich in den äußersten Vorkommen des S-Vorrieses Gesteine des oberen Weißjura weitaus vorherrschen (SCHRÖDER & DEHM 1950; GALL 1971a, 1974; GALL, MÜLLER & STÖFFLER 1975). Die Zusammensetzung der REUTERSchen Blöcke stünde mit dieser Gesetzmäßigkeit vollkommen in Übereinklang.

Ein weiteres Merkmal der Ries-Trümmersmassen besteht in der häufig starken Beanspruchung (Zerrüttung, Vergriesung) ihrer härteren Komponenten. Die Seltenheit von Weißjura-Breccien unter den REUTERSchen Blöcken könnte gegen eine Herkunft aus dem Nördlinger Ries sprechen. Wie bereits dargelegt, hatten die mechanisch stark beanspruchten und leicht zu kleinstückigem Schutt zerfallenden Griesse nur bei rascher und einmaliger Umlagerung — wie sie zwar im Bereich des heutigen Donautales, nicht aber im südlich anschließenden Molassegebiet gegeben war — überhaupt die Chance einer Überlieferung.

Bei der Untersuchung der Ausmaße von Ries-Fremdschollen in Abhängigkeit ihres Abstands vom Kraterzentrum zeigt sich eine rasche kontinuierliche Abnahme gegen die Peripherie (u. a. GALL 1971a, 1974; GALL, MÜLLER & STÖFFLER 1975). Die südlich des Vorrieses anschließenden REUTERSchen Blöcke lassen aber — trotz gleicher radialer Erstreckung ihres Verbreitungsgebietes (ca. 30 km) — eine Größenabnahme nicht mehr erkennen. Auch dieser Tatbestand könnte gegen eine Ableitung aus dem Ries herangezogen werden, freilich nur bei Nicht-Berücksichtigung der starken fluvialen Überformung von Riesgesteinen in diesem Raum. Selbst eine Größen-Abnahme REUTERScher Blöcke gegen Norden spräche nicht gegen eine Herkunft aus dem Ries: Größere Weißjura-Schollen in den Trümmersmassen sind fast ausschließlich stark zerrüttet und zerfallen daher bei fluviatiler Umlagerung zu feinem Schutt; gerade die kleinen, weiter transportierten Blöcke in der kraterfernen Bunten Breccie sind meist wenig beansprucht (vgl. SCHETELIG 1962) und haben daher viel bessere Überlieferungschancen.

Beweiskräftigere Argumente für den glaziofluvialen Antransport eines Teils der REUTERSchen Blöcke liefern Funde spezifischer Donau-Gerölle im Bereich der

Zusamplatte, bei denen eine Verwechslung mit ähnlichen Geröllen aus dem Alpenraum oder aus umgelagerter Molasse von vorneherein ausgeschlossen ist. Hierzu zählen die von SCHEUENPFLUG (1971) angeführten „weißlichen Zuckerornquarzite“, Muschelkalk-Gesteine und vor allem Basalte. Bei einem eigenen Besuch der Kiesgruben von Wörleschwang (1,2 km E) und Pfaffenhofen/Zusam (1,1 km E) wurden als weitere außeralpine Komponenten kleine gelbliche Süßwasserkalk-Gerölle mit *Gyraulus trochiformis applanatus* (THOMAE) gefunden, die von der Unteren Süßwassermolasse am Südrand der Schwäbischen Alb, aber nicht aus dem Riesgebiet abgeleitet werden können. Damit ist eine alptleistoizäne Donau in diesem Gebiet sicher belegt. Ihr dürfen auch die meisten der — mit den Geröllen durch Zunahme der Größe verbundenen — REUTERSchen Blöcke zugeschrieben werden. Eigene Funde größerer außerriesischer Gesteinsblöcke bestätigen dies: Fossilführende Kalke der Unteren Süßwassermolasse sowie Schilfsandstein des mittleren Keupers aus der Donau-Hochterrasse W Gremheim; 5 Basaltblöcke von der Basis holozäner Schotter der Donau aus Kiesgruben bei Tapfheim und Höchstädt (GALL 1974). Bei einer gemeinsamen Geländebegehung der nördlichen Zusamplatte wurden außerdem gefunden: Weißlicher, feldspatreicher, kieselig gebundener Grobsandstein, wahrscheinlich Stubensandstein des Bunten Keupers (Kiesgrube 1,1 km E Pfaffenhofen/Zusam, 1 Block); gelblich-weißlicher, plattiger, kieselig Feinsandstein aus den Angulatschichten des unteren Schwarzjura oder dem Rät (Äcker 1,2 km E Pfaffenhofen/Zusam, 2 Blöcke) sowie hellockerbrauner Riffschuttalk mit verkieselten Korallen in der Fazies des Weißjura-Zeta-Korallenkalks von Nattheim (Kiesgrube 1,2 km E Wörleschwang, 1 kleiner Block). Alle diese Komponenten haben Gestalt und Größe echter REUTERScher Blöcke, was — auch angesichts der Fundsituation — eine anthropogene Verschleppung weitgehend ausschließt. Während man bei Stubensandstein, Angulatsandstein, Korallenkalk und Unterer Süßwassermolasse noch an umgelagerte Komponenten aus Ries-Trümmernmassen (unmittelbar aus dem Krater stammend bzw. im Vorries aufgeschürft) denken könnte, ist bei dem Schilfsandstein-Block und den Basalten nur eine Herkunft aus dem Gebiet der oberen Donau vorstellbar. Dies wird durch Dünnschliff-Untersuchungen an 2 Basalten bestätigt, die auf Grund ihrer Zusammensetzung von demselben Liefergebiet wie die Basaltgerölle von SCHEUENPFLUG (1971, 6) aus Deckenschottern der Zusamplatte bezogen werden müssen, nämlich dem Wartenberg bei Donaueschingen (vgl. GALL 1974). Auch die Keuper- und Schwarzjura-Sandsteine sind vom Oberlauf der Donau abzuleiten, während Korallenkalk und Kalke der USM aus dem Ulmer Gebiet oder dem Brenztal-Bereich stammen dürften.

Gerade die Schotter des heutigen Donautales geben so ein besonders anschauliches Beispiel von der verschiedenen Herkunft REUTERScher Blöcke, nämlich ein Teil aus Ries-Trümmernmassen, ein Teil unmittelbar aus dem Anstehenden.

Fremdartige Gesteinsblöcke in Donau-Ablagerungen sind auch von zahlreichen anderen Lokalitäten sowohl oberhalb wie unterhalb des Vorries-Gebietes bekannt geworden. So beschreibt sie WEIDENBACH (1951) bei Ulm, PRIEHÄUSSER (1953) aus Niederterrassenschottern bei Straubing: Material des Jura, der Oberpfälzer Senke und des Ostbayerischen Grenzgebirges. Die Donau-Hochterrassenschotter von Uttenhofen bei Deggendorf enthalten an ihrer Basis massenhaft typische REUTERSche Blöcke bis über 0,5 m ϕ , vorwiegend aus Weißjuralkalken (darunter Gesteine vom Habitus des „Kelheimer Marmors“, wie sie im Donauraum nur zwischen Kelheim und Regensburg anstehen), daneben häufig Kristallin (Blastomylonite etc.) vom Rand des Bayerischen Waldes unterhalb Regensburg. Ähnliche Blockfunde in Neckarschottern bei Heidelberg hat BERNAUER (1915) beschrieben.

WEIDENBACH (1951) und PRIEHÄUSSER (1953) nehmen einen Transport der Blöcke auf Eis oder in Eisschollen eingefroren an, was bei weiter verfrachtetem Material auch die nächstliegende Möglichkeit ist. Rein fluvial — ohne Eisdrift — versucht KOHL (1968) die Herkunft von bis 2 m langen Gesteinsblöcken in Donauschottern bei Linz zu erklären. Auch diese Art des Transports ist vorstellbar, allerdings nur in Engtälern und über kurze Entfernungen.

So bestehen die Basispartien der Donau-Deckenschotter im tief eingeschnittenen Tal bei Kelheimwinzer E Kelheim (vgl. RUTTE 1962, 163) zu mehr als 50% aus kantengerundeten Komponenten bis 0,3 m ϕ der Weißjura-Zeta-Plattenkalke im Liegenden. Von der Transportkraft der heutigen Flüsse im Alpenvorland zeugen kantengerundete Granitblöcke bis 0,5 m ϕ in der Isar nördlich München, die bei Hochwässern von der Ufer-Verbauung losgerissen und ein Stück verfrachtet wurden.

Der Nachweis eines altpleistozänen (\pm Günzeiszeitlichen) Donaulaufes in der Zusamplatte durch SCHEUENPFLUG (1971) wirft einige Probleme bezüglich der weiteren Geschichte dieses Flußabschnittes auf. Bekanntlich sind die Deckenschotter dieses Raumes — abgesehen von den an Donaugeröllen reichen Basislagen — von den Gletscherschmelzwässern der Günzeiszeitlichen Zusam abgelagert worden. Sie reichen gegen Norden bis zum heutigen Donautal, wo sie erosiv abgeschnitten sind. Jenseits der Donauaue liegen in ihrer Fortsetzung Günzeiszeitliche Donauschotter zwischen Haunsheim und Wittislingen (GALL 1971 a, 86 f.). Innerhalb der Günzeiszeit muß die Donau also ihr Tal vom Südrand der heutigen Zusamplatte bis zum Nordrand ihres heutigen Tales verlegt haben. Dies dürfte wohl kaum in einem einzigen Kraftakt innerhalb einer Kaltzeit erfolgt sein; viel wahrscheinlicher ist — trotz eines heute vielfach kontinuierlichen Übergangs der an Albergeröllen reichen zu den überwiegend alpinen Deckenschottern — eine deutliche Altersdifferenz.

Wahrscheinlich entstammen die alten Donauschotter einem ausgehenden Interglazial bzw. der Übergangsphase zu einer anschließenden Kaltzeit. Erst während dieses Glazials wurde der nördliche Talrand, an welchen sich wohl ein flachwelliges Hügelland aus leicht erodierbarer sandig-mergeliger Molasse nordwärts bis zur Alb anschloß, durch die von Süden heranflutenden Gletscherschmelzwässer aus dem alpinen Vereisungsgebiet weit nach Norden zurückgedrängt. Die prä- bis frühglazialen Donauschotter wurden dabei ganz oder nur in ihren höheren Partien umgelagert, eventuelle Bodenbildungen zerstört, so daß heute vielfach ein scheinbar kontinuierlicher Übergang zu den kaltzeitlichen Zusamschottern im Hangenden besteht. Möglicherweise erst in einer zweiten Kaltphase, aber noch während der Günz-Eiszeit erfolgte die weitere Rückverlegung der Donau bis in das Gebiet von Haunsheim—Wittislingen. Damit hatte sie ihren nördlichsten Verlauf erreicht; in den späteren Eiszeiten, vielleicht als Folge einer letzten schwachen Heraushebung der Alb, wanderte sie wieder südwärts und legte während des Jungpleistozäns und Holozäns ihr heutiges Tal an.

Der glaziofluviale Antransport REUTERScher Blöcke durch die Donau hat offensichtlich bevorzugt vor den Höhepunkten der Kaltphasen stattgefunden.

Auch südlich des altpleistozänen Donaulaufes werden noch zahlreiche REUTERsche Blöcke angetroffen, bei denen SCHEUENPFLUG (1973) an Umlagerung aus Brockhorizonten innerhalb der OSM denkt. Jedoch kann auch hier z. T. ein glaziofluvialer Antransport mit nachträglicher Umlagerung in Frage kommen, wofür ein bemerkenswerter Fund von der Hohenrieder Schotterterrassentreppe des Lechs — wo Weißjura-Fremdgestein noch ziemlich häufig auftreten — Zeugnis ablegt.

Der Block stammt aus einer Kiesgrube im Bereich der mittleren Terrasse („D II“) der donauzeitlichen Deckterrassenschotter (SCHAEFER 1953) 200 m SW Hagenheim (Gradab-

teilungsblatt 7331 Rain am Lech; R 44 26 000, H 53 86 950), auf ca. 460 m NN (Schotterbasis). In den basalen, zu Nagelfluh verfestigten, noch frischen Schottern sind kantengerundete Weißjura-Massenkalkkomponenten keine Seltenheit. Der erwähnte Block mit den Maßen $24 \times 18 \times 12$ cm, kantiger Unter- und abgerundeter Oberseite, wurde lose auf einem Haufen abgebauten Kieses gefunden. Er besteht aus einem ockergelb-bräunlichen, etwas mergelig-flaserigen Riffschuttalk mit verkieselten Korallenstöcken, wie er vollkommen gleichartig von der Schwäbischen Alb, vor allem bei Nattheim, aber auch aus dem Gebiet westlich Ulm, bekannt ist. Dort treten solche Riffschuttalke im Grenzbereich zwischen Massenkalken und Zementmergel-Bankkalk-Abfolgen des Weißjura-Zeta auf. Aus dem Ries, das sich im oberen Weißjura faziell eng an die südliche Frankenalb anschließt (vgl. FESEFELDT 1963, GALL 1971a), sind derartige Gesteine nicht bekannt. Eine Herkunft aus dem Molasse-Untergrund kann zwar nicht gänzlich ausgeschlossen werden, ist aber beim derzeitigen Kenntnisstand wenig wahrscheinlich. So sind die Weißjura-Zeta-Kalke der 50 km süd-südwestlich gelegenen Bohrung Scherstetten 1 (ROLL et al. 1955) eher mit der fränkischen Fazies vergleichbar.

Ganz offensichtlich ist der Block glaziofluvial von der Schwäbischen Alb antransportiert worden, und zwar durch eine prä-günzeiszeitliche Donau, deren Lauf noch südlich des von SCHEUENPFLUG (1971) angenommenen altpleistozänen lag. Die Schotter der Hohenrieder Schotterterrassentreppe sind aber nach Meinung aller bisheriger Autoren (u. a. GRAUL 1943, SCHAEFER 1953) vom Lech abgelagert worden. In der Tat lassen ihre Zusammensetzung und ihr morphologisches Auftreten auch heute eine andere Deutung nicht zu. Nur vereinzelte, gegen fluviale Umlagerung resistente Relikte verraten hier also noch, daß auch an dieser Stelle einst eine Donau geflossen sein muß.

Ob die Donau schon im Pliozän ihren Lauf durchs Alpenvorland genommen hat, wie dies z. B. SCHEUENPFLUG (1971) für möglich hält, ist ungewiß. Funde REUTERScher Blöcke können keine Belege hierfür liefern, da ihr glaziofluvialer Transport an ein zumindest dem heutigen ähnliches Klima und damit an das Quartär gebunden ist. Das massenhafte Auftreten von Weißjura-Fremdgesteinen an der Basis bereits der ältesten Schotter der Hohenrieder Terrassentreppe, die altersmäßig der Staufenberg-Terrassentreppe entspricht (SCHAEFER 1957, 42), darf umgekehrt als Hinweis gesehen werden, daß diese ältesten uns überlieferten Ablagerungen von Lech und Wertach bereits dem Pleistozän angehören. Im Pliozän waren die Bedingungen für den überwiegend glaziofluvialen Antransport der Weißjura-Gesteine — sei es unmittelbar von der Alb oder von Brockhorizonten innerhalb der OSM weiter im Süden — wegen des noch zu warmen Klimas kaum gegeben.

Angeführte Schriften

- BERNAUER, F.: „Gekritzte Geschiebe“ aus dem Diluvium von Heidelberg. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. 5, 26—29, Stuttgart 1915.
- BIRZER, F.: Molasse und Ries-Schutt im westlichen Teil der Südlichen Frankenalb. — Geol. Bl. NO-Bayern, 19, 1—28, 2 Abb., 1 Taf., Erlangen 1969.
- BOLTEN, R. & D. MÜLLER: Das Tertiär im Nördlinger Ries und in seiner Umgebung. — Geologica Bavarica, 61, 87—130, 1 Tab., München 1969.
- BRANCA, W. & E. FRAAS: Die Lagerungsverhältnisse Bunter Breccie an der Bahnlinie Donauwörth—Treuchtlingen und ihre Bedeutung für das Riesproblem. — Abh. preuß. Akad. Wiss., 1907, 56 S., 1 Taf., Berlin 1907.
- BRUNNACKER, K.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7636 Freising Süd. — 94 S., 8 Abb., 8 Tab., 1 Beil., München 1959.
- BRUNNACKER, K.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7536 Freising Nord. — 84 S., 8 Abb., 8 Tab., 1 Beil., München 1962.

- BÜCHI, U. & F. HOFMANN: Spuren vulkanischer Tätigkeit im Tortonien der Ostschweiz. — *Eclogae geol. Helv.*, 38, 2, 337—343, Lausanne 1945.
- DEHM, R.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Monheim. — *N. Jb. Miner. etc.*, Beil.-Bd. 67, B, 139—256, 14 Abb., 1 geol. Karte, Stuttgart 1931.
- DEHM, R.: Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, 1951, 140—152, 3 Abb., Stuttgart 1951.
- DEHM, R.: Die Säugetier-Faunen in der Oberen Süßwassermolasse und ihre Bedeutung für die Gliederung. — In: *Erl. Geol. Übersichtskarte Süddeutsch. Molasse 1:300 000*, 81 bis 88, München 1955.
- DEHM, R.: Paläontologische und geologische Untersuchungen im Tertiär von Pakistan. 3. Dinotherium in der Chinji-Stufe der unteren Siwalik-Schichten. — *Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., N. F.* 114, 1—34, 2 Abb., 2 Taf., München 1963.
- DORN, C.: Die Ablagerungen der obermiocänen Süßwasserkalke bei Pleinfeld und Georgsgemünd in Mittelfranken. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, N. F. 28, 67—98, Stuttgart 1939.
- DORN, C.: Beiträge zur Geologie des Rieses. — *N. Jb. Mineral. etc., Mh.* 1943, B, 299 bis 312, Stuttgart 1943.
- FESEFELDT, K.: Der Obere Malm im südlichen Vorries. — *Erlanger geol. Abh.*, 47, 33 S., 7 Abb., 1 geol. Karte, Erlangen 1963.
- GALL, H.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7328 Wittislingen. — 186 S., 17 Abb., 6 Tab., München 1971 — [1971a].
- GALL, H.: Obere Süßwassermolasse (Hangendserie) über Riestrümmermassen bei Graisbach (südöstliches Vorries) und ihre Bedeutung für die Landschaftsgeschichte der Schwäbisch-Fränkischen Alb. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, 11, 295—327, 6 Abb., München 1971 — [1971b].
- GALL, H.: Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des südöstlichen Vorrieses zwischen Höchstädt a. d. Donau und Donauwörth. — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 145, 1, 58 bis 95, 4 Abb., Stuttgart 1974.
- GALL, H. & D. MÜLLER: Die Monheimer Höhengände. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, N. F. 52, 113—131, 2 Abb., 1 Taf., 1 Tab., Stuttgart 1970.
- GALL, H. & D. MÜLLER: Der „Riesgries“ bei Wellheim — eine aufgeschürfte Scholle in Bunten Trümmermassen. — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 1971, 5, 271—284, 3 Abb., Stuttgart 1971.
- GALL, H., D. MÜLLER & A. YAMANI: Zur Stratigraphie und Paläogeographie der Cenoman-Ablagerungen auf der südwestlichen Frankenalb (Bayern). — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 143, 1, 1—22, 2 Abb., 1 Tab., Stuttgart 1973.
- GALL, H., D. MÜLLER & D. STÖFFLER: Verteilung, Eigenschaften und Entstehung der Auswurfsmassen des Impaktkraters Nördlinger Ries. — *Geol. Rdsch.*, 12 Abb., 2 Tab., Berlin 1975.
- GENTNER, W. & G. A. WAGNER: Altersbestimmungen an Riesgläsern und Moldaviten. — *Geologica Bavarica*, 61, 296—303, 5 Abb., 2 Tab., München 1969.
- GRAUL, H.: Zur Morphologie der Ingolstädter Ausräumungslandschaft. Die Entwicklung des unteren Lechlaufes und des Donaumoosbeckens. — *Forsch. deutsch. Landeskunde*, 43, 114 S., 17 Abb., 8 Beil., Leipzig 1943.
- GRIMM, W.-D.: Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). — *Beih. Geol. Jb.*, 26, 97—199, 14 Abb., 1 Tab., Taf. 3—10, Hannover 1957.
- GÜMBEL, C. W. v.: Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Ingolstadt (Nr. XV) der geognostischen Karte des Königreichs Bayern. — 34 S., Cassel (Fischer) 1899.
- HEROLD, R.: Eine Malmkalk-Trümmermasse in der Oberen Süßwassermolasse Niederbayerns. — *Geologica Bavarica*, 61, 413—427, 10 Abb., München 1969.
- HOFMANN, F.: Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie. — *Ber. Tät. St. Gall. Naturwiss. Ges.*, 74, 1—87, St. Gallen 1951.

- HOFMANN, F.: Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Oberen Süßwassermolasse und Versuch einer Deutung ihrer Entstehung als Impaktphänomen. — *Ecolae geol. Helv.*, 66, 1, 83—100, 5 Fig., 3 Tab., Basel 1973 — [1973a].
- HOFMANN, F.: Fremdartige Trümmerhorizonte in der Molasse des ostschweizerischen Bodenseegebietes und ihre Beziehungen zur Entstehung des Nördlinger Ries und des Steinheimer Beckens. — *Schrr. VG Bodensee*, 91, 125—139, 6 Abb., Friedrichshafen 1973 — [1973b].
- HÜTTNER, R.: Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des östlichen Härtsfeldes (Schwäbische Alb). — *Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg*, 4, 49—125, 5 Abb., 1 Taf., 1 Tab., Freiburg i. Br. 1961.
- HÜTTNER, R.: Bunte Trümmermassen und Suevit. — *Geologica Bavarica*, 61, 142—200, 26 Abb., 2 Beil., München 1969.
- KOHL, H.: Beiträge über Aufbau und Alter der Donautalsole bei Linz. — *Naturkd. Jb. Stadt Linz*, 1968, 7—60, Linz 1968.
- PENCK, A.: Die Schottergebiete des nördlichen Alpenvorlandes. In: PENCK, A. & E. BRÜCKNER, *Die Alpen im Eiszeitalter*, 1, 1. Lfg., 27—112, Leipzig 1901.
- PRIEHÄUSSER, G.: Ortsfremde Gesteinsblöcke im diluvialen Schotter der Donaulandschaft bei Straubing. — *Geologica Bavarica*, 19, 281—296, München 1953.
- REUTER, L.: Die Verbreitung jurasischer Kalkblöcke aus dem Ries im südbayerischen Diluvial-Gebiet. — *Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver.*, N. F. 14, 191—218, 3 Abb., 1 Kartenskizze, Stuttgart 1926.
- ROLL A. und Mitarbeiter: Die Erdölaußschlußbohrung Scherstetten 1 südwestlich Augsburg. — *Geologica Bavarica*, 24, 176 S., 33 Abb., 3 Taf., München 1955.
- RUTTE, E.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7037 Kelheim. — 243 S., München 1962.
- SCHAEFER, I.: Die donauiszeitlichen Ablagerungen an Lech und Wertach. — *Geologica Bavarica*, 19, 13—64, 15 Abb., München 1953.
- SCHAEFER, I.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Augsburg und Umgebung 1:50 000. — 92 S., München 1957.
- SCHETELIG, K.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet der Blätter Donauwörth und Gendingen. — *Geologica Bavarica*, 47, 98 S., 25 Abb., 1 geol. Karte, München 1962.
- SCHUEENPFLUG, L.: Weißjurablöcke und -gerölle der Alb in pleistozänen Schottern der Zusamplatte (Bayerisch Schwaben). — *Geologica Bavarica*, 63, 177—194, 3 Abb., München 1970.
- SCHUEENPFLUG, L.: Ein alteiszeitlicher Donaulauf in der Zusamplatte (Bayer. Schwaben). — *Ber. Naturf. Ges. Augsburg*, 27, 3—10, 2 Abb., Augsburg 1971.
- SCHUEENPFLUG, L.: Zur Problematik der Weißjuragesteine in der östlichen Iller-Lech-Platte. — *Eiszeitalter und Gegenwart*, 23/24, 154—158, 1 Abb., Ohringen 1973.
- SCHRÖDER, J. & R. DEHM: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Harburg. — *Abh. naturwiss. Ver. Schwaben*, 5, 147 S., 3 Abb., 5 Taf., 1 geol. Karte, Augsburg 1950.
- SEEMANN, R.: Versuch einer vorwiegend tektonischen Erklärung des Nördlinger Rieses. — *N. Jb. Mineral. etc.*, Beil.-Bd. 81, B, 70—214, Stuttgart 1939.
- SIEGL, W.: Glastuff in der oberbayerischen Molasse und seine Beziehung zur Bleicherde. — *N. Jb. Mineral. etc.*, Mh. 1945—48, A, 77—82, Stuttgart 1948.
- STEPHAN, W.: Ein tonritonischer vulkanischer Brockhorizont in der Oberen Süßwassermolasse Bayerns. — *Geologica Bavarica*, 14, 76—85, München 1952.
- WEIDENBACH, F.: Zur Entstehung und Lagerung der diluvialen Schichten im Donaumoos unterhalb Ulm. — *Jh. Geol. Abt. Württemb. Statist. Landesamt*, 1951, 1, 120—127, Stuttgart 1951.
- WEISKIRCHNER, W.: Einführung zur Exkursion in den Hegau. — *Fortschr. Mineral.*, 50, 70—84, Stuttgart 1972.
- ZENETTI, P.: Ein erratischer Block im Hochterrassenschotter bei Höchstädt a. d. Donau. — *Jh. Ver. vaterländ. Naturk. Württemberg*, 69, 200—204, 2 Abb., Stuttgart 1913.